

PROYECTO APPOLO 2 - ANALISIS DE RIESGO DEL POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI

Mariana B. Bardy¹, Jaime Eduardo P. Lima², Aurinézio Calheira³

PROYECTO APPOLO 2 - ANALISIS DE RIESGO DEL POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI

Mariana Bahadian Bardy
Jaime Eduardo Pinto Lima
Aurinézio Calheira

Resumen

El proceso de renovación de la licencia de operación del Complejo Industrial de Camaçari, en Bahía, se realiza cada cinco años, conjuntamente por todas las 52 empresas asociadas al Comité de Fomento Industrial de Camaçari (COFIC). En 2000, en la renovación, fue realizado el estudio de análisis de riesgo - Proyecto APPOLO 2, que englobó las empresas instaladas en el Complejo, en diversos segmentos, incluyendo también el transporte de productos peligrosos. El proyecto se inició con un Análisis Preliminar de Peligros, en el cual fueron identificados más de 21 mil escenarios de accidentes, siendo calculados los efectos físicos para aquellos escenarios de mayor criticidad. Para 30% de las empresas, fue realizado un Análisis Cuantitativo de Riesgos, para áreas en que el APP y Análisis de Vulnerabilidad no fueron suficientes para mostrar la aceptabilidad de los riesgos. En todas las empresas, fueron propuestas medidas para reducción de riesgo, llevando a la mitigación efectiva del mismo, enfocando en la implementación y revisión de procedimientos, mejoras en el sistema de procesos, aislamiento de grandes inventarios, entre otros puntos relevantes para la seguridad de procesos. La gestión de riesgos de proceso en el Polo será garantizada por el desarrollo e implementación de un Programa de Gerenciamiento de Riesgos en cada empresa, buscando la mejora continua de sus procesos.

Abstract

The operational license of the Camaçari Industrial Complex, located in the state of Bahia, is renewed every five years, involving all 52 companies associated to the Industrial Committee of Camaçari (COFIC). In 2000, in order to receive the new license, it was developed a risk analysis study, named APPOLO 2 Project, in which the companies located in the complex have participated, including the transport of dangerous goods (by pipelines, road and railway, across the complex). The study has started with a qualitative phase, using the Process Hazard Analysis (PHA) technique, being identified more than 21.000 risk scenarios and the consequences calculated for the most critical scenarios. For 30% of the companies, it was necessary to develop the risk analysis until a quantitative risk assessment, whenever the PHA and consequence analysis were not detailed enough to guarantee the risk acceptability. For all companies, risk measures have been proposed, in order to improve the safety of the complex. Finally, process risk management programs have been developed and are in implementation phases for the complex, improving the risk conditions in place today.

1. Introducción

La renovación de la licencia de operación del Polo Industrial de Camaçari, localizado a 50 km de Salvador, Bahia, se realiza a cada cinco años, de forma conjunta por todas las 60 empresas que están asociadas al Comité de Fomento Industrial de Camaçari (COFIC). En 2000, a través de resolución del Consejo Estatal de Medio Ambiente (CEPRAM) de Bahía, durante el proceso de renovación, fue realizado un análisis de riesgo, denominado Proyecto APPOLO 2, que engloba a las empresas instaladas en el Polo en los segmentos de química, petroquímica, industria automotriz, celulosa, metalurgia de cobre, textil y bebidas.

Fueron contemplados en el estudio realizado las áreas y sistemas que extrapolan las fronteras físicas de cada empresa. Estas áreas son:

- sistema de tanques o de almacenamiento;
- tubo vías entre empresas del Polo;
- sistemas de recolección de efluentes;

¹ Master, Ingeniero Mecánico – Comité de Fomento Industrial de Camaçari

² Master, Ingeniero Mecánico – Det Norske Veritas Ltda.

³ Master, Ingeniero Químico – Det Norske Veritas Ltda.

- transporte de productos químicos, por rutas y ferrocarril.

El estudio fue dividido en cuatro etapas, iniciando en la identificación de peligros hasta la fase final de elaboración de programa de gestión de riesgos.

2. Metodología

La resolución del CEPRAM no definía la metodología a ser empleada en el estudio de análisis de riesgo que debería ser realizado para el Complejo de Camaçari, siendo establecido en 2000 el Grupo Técnico por el COFIC, reuniendo a los profesionales más experimentados del polo en seguridad de procesos con representantes de las siguientes empresas: COFIC, BRASKEM, DETEN, DOW QUIMICA, GRIFFIN/DU PONT, MONSANTO y PETROBRAS FAFEN.

Este Grupo Técnico elaboró un Término de Referencia para el estudio, de forma conjunta con el Consejo – CRA – Centro de Recursos Ambientales. El término de referencia utilizado en el estudio se basa en reglamentaciones brasileñas, como aquellas establecidas por la Fundación Estatal de Medio Ambiente de Río de Janeiro - FEEMA y Compañía de Saneamiento y Medio Ambiente de San Paulo - CETESB y prácticas internacionales de OSHA, EPA, Comunidad Económica Europea (Directiva de Seveso 2) y OIT.

A través de un proceso de licitación, la empresa DET NORSKE VERITAS LTDA. (DNV) fue contratada para la realización que pasó a ser denominada Proyecto APPOLO 2, siendo continuación de un estudio similar, realizado entre 1992 e 1994 – Proyecto APPOLO. Cabe observar que el término APPOLO se refiere a **Análisis Preliminar del POLO**.

Conforme establecido en el Término de Referencia, el Proyecto APPOLO 2 fue estructurado en 4 diferentes etapas:

Etapas

1. Análisis Preliminar de Peligros (APP)
2. Análisis de Vulnerabilidad
3. Análisis Cuantitativo de Riesgos (ACR)
4. Programa de Gerenciamiento de Riesgos

La metodología y los resultados de cada etapa están descritos a continuación.

2.1. Análisis Preliminar de Peligros

El Análisis Preliminar de Peligros (APP) es una metodología cualitativa estructurada para identificar los escenarios de accidente posibles en una dada instalación, clasificándolos de acuerdo con categorías preestablecidas de frecuencia de ocurrencia y de severidad y proponiendo medidas para reducción de los riesgos de la instalación, cuando se juzguen necesarias. Los peligros pueden ser causados debido a la ocurrencia de eventos indeseables. Esta metodología puede ser usada para sistemas en el inicio de su desarrollo o en fase de proyecto y, también, como revisión general de seguridad de sistemas ya en operación. En el APP son levantadas las causas de cada uno de los eventos y sus respectivas consecuencias, siendo entonces realizada una evaluación cualitativa de la frecuencia de ocurrencia del escenario de accidente, de la severidad de las consecuencias y del riesgo asociado. Por lo tanto, los resultados obtenidos son cualitativos, y no brindan una estimación numérica.

La frecuencia de los eventos iniciadores de accidente está relacionada con: a falla de instalaciones, humanas o generadas por deficiencias de la tecnología. En los dos primeros casos existen bancos de datos de falla que pueden ser utilizados para ayudar al proceso de selección de la categoría adecuada. Entretanto es necesario un análisis crítico verificando factores agravantes o atenuantes que puedan influenciar estos valores básicos. La experiencia operacional de las áreas en estudio también precisa ser incorporada al estudio. Las categorías de frecuencia que serán utilizadas en el Proyecto APPOLO 2 están listadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías de Frecuencia

Categoría	Descripción
Frecuente (FR)	Muchas ocurrencias por año; o Error Humano por inexistencia de entrenamiento o procedimiento y condiciones de trabajo adversas
Probable (PR)	Una o más veces en la vida útil del sistema; o Error Humano por inexistencia de entrenamiento o procedimiento y condiciones de trabajo adversas
Ocasional (OC)	Falla única de componente; o Error humano en una acción eventual (no cumplimiento de procedimiento o entrenamiento recibido)

Categoría	Descripción
Remoto (RE)	Falla de 2 componentes; o Errores humanos en acciones independientes y eventuales; o Fallas de equipamiento estático sujeto a inspección; o Falla de componente electrónico
Improbable (IM)	Falla mecánica de tanques sometidos a presión; o Fallas múltiples de sistema de protección

También de acuerdo con la metodología de APP adoptada en este trabajo, los escenarios de accidente son clasificados en categorías de severidad, las cuales ofrecen una indicación cualitativa del grado de severidad de las consecuencias de cada uno de los escenarios identificados. La Tabla 2 presenta las categorías de severidad definidas para el Proyecto APPOLO 2.

Tabla 2. Categorías de Severidad

Categoría	Descripción
Baja (BA)	Accidente sin días caídos por un evento en el proceso. Pequeña ocurrencia ambiental; o Ocurrencia ambiental sobre medio fuerte y resistente
Moderada (MO)	Accidente con pérdida de días por un evento en el proceso (lesiones crónicas o agudas); o Ocurrencia ambiental sobre medio frágil o sensible; o Evacuación de los empleados dentro del área local
Crítica (CR)	Víctimas con lesiones incapacitantes permanentes, o Víctimas fatales; o Evacuación para punto de reunión; o Impacto que paraliza el tratamiento de Cetrel; o Gran ocurrencia ambiental en medio frágil o comunidad sensible
Catastrófica (CA)	Varias víctimas fatales (más de 10 víctimas); o Gran ocurrencia ambiental provocando daños en una vasta región (frágil y sensibles)

Combinando las categorías de frecuencia con las de severidad se obtiene la Matriz de Riesgos. La Figura 1, presenta la Matriz de Aceptabilidad de Riesgos de APPOLO 2. En esta matriz los riesgos también son clasificados de acuerdo con la categoría preestablecidas. Para el Proyecto APPOLO 2, fueran definidas seis categorías, descritas a seguir:

1. **Riesgo Aceptable (AC)** – escenarios clasificados en esta categoría son considerados en condición de riesgo aceptable, no siendo necesaria la implementación de medidas para reducir el riesgo. Las medidas para reducción de riesgo definidas serán consideradas como SUGESTIONES, cuya implementación no es obligatoria.
2. **Análisis Global (AG)** – escenarios clasificados en esta categoría presentan como característica una alta frecuencia de ocurrencia asociada a una baja severidad. Las acciones vinculadas a estos escenarios tienen carácter amplio y normalmente están vinculadas a políticas de inspección, mantenimiento y gerenciamiento de sistemas. Las acciones a ser implementadas, son consideradas de carácter obligatorio – RECOMENDACIONES, pueden ser planeadas para implantación futura.
3. **Confirmar el Riesgo (CON)** – escenarios en esta categoría deberán ser objeto de estudios complementarios (Análisis de Vulnerabilidad y posteriormente Análisis Cuantitativo de Riesgos), para que sean confirmadas las condiciones de riesgo de los mismos.
4. **Análisis de Vulnerabilidad (AV)** – estarán sujetos a Análisis de Vulnerabilidad los escenarios de severidad CRÍTICA y baja frecuencia, con el objetivo de confirmación de la severidad del escenario y definición del área de influencia de los accidentes. Posibles mejoras propuestas para estos escenarios deben ser encaradas como SUGESTION, no habiendo necesidad de su implantación para convivencia con el riesgo representado por el escenario.
5. **Análisis Previo (AP)** – escenarios en esta categoría, así como en Confirmar el Riesgo, deberán ser objeto de estudios complementarios (Análisis de Vulnerabilidad y posteriormente Análisis Cuantitativo de Riesgos), para que sean confirmadas las condiciones de riesgo de los mismos.
6. **Riesgo No Aceptable (NAC)** - escenarios cuyo riesgo no es aceptable deben ser eliminados o tener su riesgo drásticamente reducido. Las medidas relacionadas a estos escenarios son RECOMENDACIONES obligatorias y de aplicación inmediata.

Matriz de Aceitabilidade		FREQUÊNCIA				
		FREQUENTE	PROVÁVEL	OCASIONAL	REMOTO	IMPROVÁVEL
Projeto APPOLO 2 PROPOSTA FINAL (19/07/2000)		Muitas ocorrências a cada ano; ou Erro Humano por inexistência de treinamento ou procedimento e condições de trab. adversa	Uma ou mais vezes na vida útil do sistema; ou Erro Humano por inexistência de treinamento ou procedimento e condições de trabalho adequada	Falha única de componente; ou Erro humano em uma ação eventual (descumprimento de procedimento ou treinamento recebido)	- Falha 2 componentes; ou - Erros humanos em ações independentes e eventuais - Falhas de equipamento estático sujeito a inspeção - Falha de componente eletrônico	Falha mecânica de vasos de pressão. Falhas múltiplas de sistema de proteção
Tempo médio entre falhas (anos) =		< 1 ano	1 a 100	10 ² a 10 ⁴	10 ⁴ a 10 ⁶	> 10 ⁶
SEVERIDADE	BAIXA Acidente SAF ou desconforto em decorrência de evento no processo da área local. Pequena ocorrência ambiental; ou Ocorrência ambiental sobre meio forte e resistente	Álise Global Analisar medidas para reduzir o risco de ocorrências comuns a vários pontos da planta				
	MODERADA Acidente CAF em decorrência de evento no processo (lesões crônicas ou agudas); ou Ocorrência ambiental sobre meio frágil ou sensível; ou Evasão de funcionários para local próximo					
	CRÍTICA Vítimas com lesões incapacitantes permanentes, ou Vítimas fatais; ou Evasão para ponto de apanha (PCP) ou (PCD); ou Impacto que paralisa o tratamento da Cetrel; ou Grande ocorrência ambiental em meio frágil ou comunidade sensível	Não Aceito				
	CATASTRÓFICA Várias vítimas fatais; ou Grande ocorrência ambiental provocando danos em vasta região (frágeis e sensíveis)					
OBS.:		Nos cenários relacionados com vazamentos de substâncias Inflamáveis e/ou Tóxicas a classificação Crítica ou Catastrófica deve ser feita estimando-se, após uma Análise de Vulnerabilidade, o número de fatalidades decorrentes do cenário. A Análise Quantificada de Riscos AQR abordará os Riscos Sociais da área de ocorrência do cenário utilizando a Curva F-N padrão do APPOLO 2.				

Figura 1. Matriz de Riesgo

El Análisis Preliminar de Peligros realizado para las empresas del Complejo Industrial de Camaçari llevó a la identificación de más de 21.000 escenarios de accidentes, posibles de ocurrir en las instalaciones de las empresas. Esos escenarios, clasificados por su frecuencia y severidad, están distribuidos en las seis diferentes categorías de riesgo, conforme a Figura 2 a seguir.

Matriz de Aceitabilidade		Frequência					Total
		FR	PR	OC	RE	IMP	
Seve ridade	BA	0,3%	3,9%	12,8%	6,9%	2,3%	26,1%
	MO	0%	0,5%	6,8%	28,2%	13,3%	48,8%
	CR	0%	0%	0,5%	15,4%	5,3%	21,2%
	CA	0%	0%	<0,1%	3,2%	0,7%	3,9%
Total		0,3%	4,3%	20,1%	53,6%	21,6%	100,0%

Risco Não Aceito

Análise Prévia – 3%

Análise Global – 1%

Confirmar o Risco – 1%

Aceito com Vulnerabilidade – 21%

Aceito – 74%

Figura 2. Distribución de Escenarios conforme Matriz de Riesgo

También durante el análisis fueron propuestas cerca de 570 recomendaciones, cuya implementación es obligatoria y acompañada por el CRA, a través de informes anuales. Adicionalmente, fueron identificadas 1390 sugerencias para mejora continua de las condiciones de riesgo de proceso, en el Complejo Industrial de Camaçari.

2.2. Análisis de Vulnerabilidad

La metodología de Análisis de Vulnerabilidad consiste en el conjunto de modelos y técnicas usados para estimación de las áreas potencialmente sujetas a los efectos dañinos de liberaciones accidentales de sustancias peligrosas y/o energía de forma descontrolada. Estas liberaciones descontroladas generan los llamados efectos físicos

de los accidentes (sobrepresión, flujo térmico y nubes de gases tóxicos) que potencialmente pueden generar daños a las personas y/o instalaciones. La extensión de los posibles daños está delimitada por la intensidad del efecto físico causante del daño, siendo que la relación entre la intensidad del efecto físico y el daño correspondiente queda establecido por medio de los modelos de vulnerabilidad.

La evaluación de los efectos físicos provenientes de la pérdida de productos peligrosos, incendios y explosiones, dependiendo del tipo de material y de las condiciones en que este se encuentra, puede requerir el uso de modelos, los cuales posibilitan el cálculo de:

1. Descarga: Cantidades perdidas o tasas de descarga de material (líquido, gaseoso y bifásico);
2. Evaporación súbita ("flasheamento") de líquidos recalentados;
3. Derrame de charcos de líquidos o gases licuados y evaporación;
4. Dispersión de gases (livianos o pesados) en la atmósfera;
5. Determinación de los Efectos Tóxicos e Inflamables.

Para los escenarios de accidente identificados en el APP y que requieren Análisis de Vulnerabilidad, serán realizadas simulaciones matemáticas de los efectos de los accidentes, buscando determinar la magnitud de los mismos. Para la evaluación del área vulnerable, la primera etapa es la "caracterización del escenario del accidente", que consiste en la presentación de todas las condiciones físicas y de las hipótesis necesarias para la determinación de los efectos físicos de los accidente, tales como, la localizaciones de pérdidas en el ducto (punto de liberación), el producto involucrado y sus condiciones termodinámicas en el momento de la pérdida.

En el Proyecto APPOLO 2, DNV utiliza el software PHAST – Process Hazard Analysis Software Tool, desarrollado por su departamento RMS - Risk Management Software, para la realización del Análisis de Vulnerabilidad. Este software acopla todos los resultados obtenidos en las etapas que componen la simulación y presenta los resultados finales para los efectos tóxicos y/o inflamables considerados para cada sustancia.

Tabela 3 - Niveles de Efectos Utilizados en las Simulaciones

Tipo de Efecto Físico	Nivel	Daño
Incendio en Nube	Limite Inferior de Inflamabilidad	100 % de fatalidad
Incendio en charco/ Antorcha de Fuego/ Bola de Fuego (WORLD BANK, 1985)	12 kW/m ²	Probabilidad significativa de muerte en exposición prolongada, quemaduras de 1º grado en 10 segundos de exposición, quema de materiales, daños a algunos materiales sintéticos después de algunos minutos de exposición; 1% de fatalidad en 35 seg de exposición. Equivale a cerca de 1% de fatalidad, em 35 segundos, utilizando la ecuación de Probit definida por Einsenberg (TNO, 1989)
	4 kW/m ²	Dolores en 20 segundos de exposición o rotura de placas de vidrio. Equivale a menos de 1% de quemaduras de primer grado en 20 segundos de exposición utilizando la ecuación de Probit definida por Einsenberg (TNO, 1989)
Nube Tóxica (Calculado a través de las ecuaciones de Probit de cada sustancia (AIChE, 1989))	LC _{50_10}	Concentración que provoca letalidad en 50 % de los expuestos por 10 minutos.
	LC _{10_30}	Concentración que provoca letalidad en 10 % de los expuestos por 30 minutos.
	LC _{1_30}	Concentración que provoca letalidad en 1 % de los expuestos por 30 minutos.
Explosión (GLASSTONE e DOLAN, 1966)	7 psi (0,492 bar)	75 % de daños estructurales en casas y colapso de <i>piperack</i> . Equivale a más de 99% de daños estructurales, utilizando la ecuación de Probit (EISENBERG y otros, 1975)
	2 psi (0,14 bar)	Limite inferior de daños estructurales serios. Daño parcial en paredes de casas. Equivale a cerca de 16% de daños estructurales, utilizando la ecuación de Probit (EISENBERG y otros, 1975)

Durante el estudio fueron realizadas 1.100 simulaciones, a partir de los escenarios de accidentes identificados en los APP's, con severidad Crítica o Catastrófica. La Figura 3 indica la distribución de los alcances de estos escenarios de acuerdo con los alcances obtenidos. Se observa que solamente 1% de las situaciones de riesgo identificadas presentan alcances superiores a 2000 m, con posibilidad de llegar a las comunidades residenciales más próximas del Complejo Industrial, Dias D'Ávila y Camaçari. Todos los demás escenarios tenían sus efectos limitados a las instalaciones industriales en Camaçari.

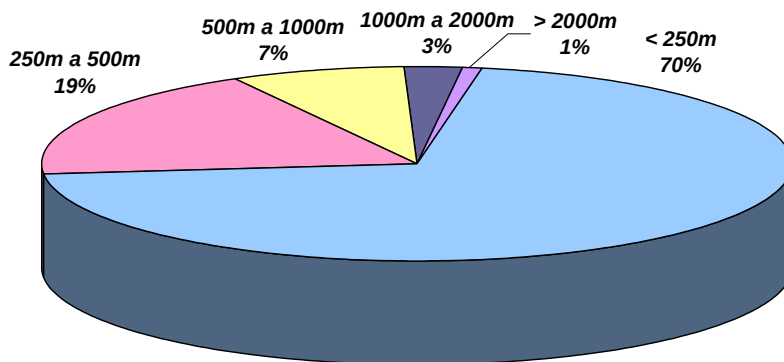


Figura 3. Distribución de Alcances de los Efectos Físicos

Los resultados obtenidos en el Análisis de Vulnerabilidad fueron utilizados internamente en las empresas para actualización de sus Planes de Emergencia, además de la revisión del Plan de Contingencia del Polo, que abarca todas las empresas del complejo, coordinado por el COFIC.

2.3. Análisis Cuantitativo de Riesgos

El Análisis Cuantitativo de Riesgos (ACR) consiste en identificar todos los escenarios de accidente que pueden llegar a ocurrir en una determinada instalación, cuantificando la frecuencia esperada de ocurrencia y las consecuencias asociadas con cada uno de estos escenarios. El riesgo puede ser caracterizado por un conjunto de tres elementos. El primer elemento ofrece la descripción completa del escenario de accidente, identificando la causa básica del accidente (evento iniciador) y su evolución de accidente en función del desempeño de los sistemas de protección existentes en la instalación y de las situaciones subsecuentes que caracterizan el escenario de accidente. El segundo elemento corresponde a la frecuencia esperada de ocurrencia del escenario de accidente. El tercer elemento corresponde a las consecuencias no deseadas previstas en el caso de ocurrencia de este escenario. Conociendo estos tres elementos, los riesgos de la instalación quedan perfectamente caracterizados.

Para escenarios relativos a liberaciones de productos inflamables y tóxicos, clasificados, después el Análisis de Vulnerabilidad, en las categorías Análisis Previo y Confirmar el Riesgo, fue realizado el análisis, englobando todos los escenarios críticos y catastróficos del área que poseen por lo menos un escenario en esta categoría fueron incluidos en el ACR.

El software a ser utilizado en los análisis cuantitativos de riesgo es el SAFETI (Suite for the Assessment of Flammable, Explosive, and Toxic Impact), utiliza modelos de integrales de descarga y dispersión para el cálculo de límite de los efectos inflamables.

Este software ha sido diseñado como una herramienta para la evaluación de instalaciones industriales en general, siendo útil como herramienta en la reducción de riesgo o diseño técnico de estas instalaciones. El SAFETI es un software de riesgo integrado que permite la evaluación detallada de los peligros de sustancias tóxicas o inflamables.

Los criterios de aceptabilidad de riesgo, para unidades de proceso y transporte de productos peligrosos, fueron definidos en el Término de Referencia del Proyecto APPOLO 2 y están indicados en la Figura 4. El riesgo social, calculado para el grupo constituido por toda la comunidad expuesta (empleados o población externa), fue la medida de riesgo utilizada para definición de aceptabilidad, siendo representado por las curvas $F \times N$, también llamadas Curvas de Distribución Acumulada Complementaria. Estos gráficos representan la frecuencia esperada de accidentes en la instalación con N o más víctimas fatales.

Los criterios utilizados para la aceptabilidad de los riesgos se basan en la misma filosofía que viene siendo empleada internacionalmente y establece dos niveles de riesgo

- un nivel alto, encima del cual los riesgos son considerados “intolerables” (denominado límite de aceptabilidad), y
- un nivel bajo, debajo del cual los riesgos son considerados “perfectamente tolerables” (denominado límite de aceptabilidad trivial).

Entre estos dos límites, los resultados son evaluados individualmente, siendo utilizado el concepto ALARP (As Low As Reasonably Practible), que implica que, inicialmente, los riesgos deben ser reducidos, pero las medidas de reducción deben ser implementadas solamente si los costos no son excesivamente altos cuando o las medidas sean consideradas técnicamente viables, cuando comparados a los beneficios en términos de seguridad de la población (reducción de riesgo), resultantes de las respectivas implementaciones.

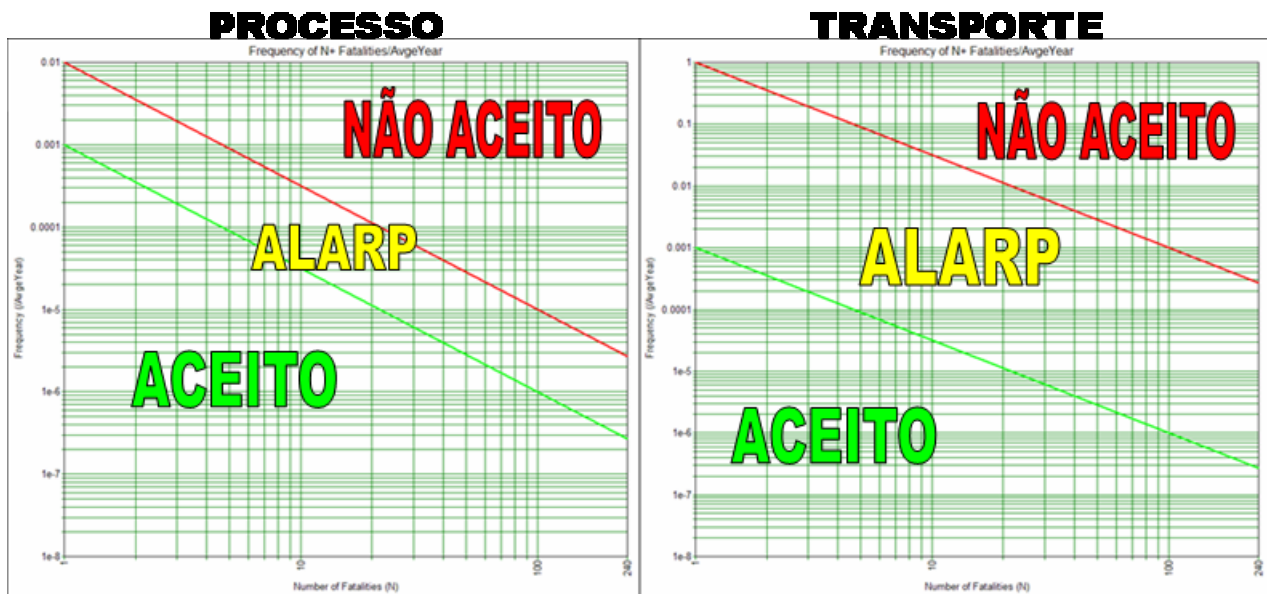


Figura 4 – Criterios de Aceptabilidad de Riesgo Social

En la práctica, el concepto ALARP implica que, cuando los riesgos estuvieran situados en esta región, los responsables por la actividad reglamentada deben, al menos, discutir la posibilidad de adoptar medidas adicionales de reducción de riesgo, indicando las razones que las tornan impracticables o ineficientes, en caso que estas no vayan a ser adoptadas y los resultados permanezcan en la “región intermedia”.

Fueron realizados 90 análisis, incluyendo áreas industriales, depósitos, tubo vías y productos transportados por camiones tanque. Los resultados obtenidos indican que 77 % de las unidades se encontraban en la condición de Riesgo Aceptable, con 16 % como ALARP y 7 % como No Aceptable. Debido a estos resultados, el 23% de las áreas que estaban fuera de la condición de aceptabilidad pasaron por una fase de mitigación de riesgos, en la cual el índice de aceptabilidad subió para 86% y ningún área se mantuvo como No Aceptable. En esta fase fueron establecidas diversas medidas para reducción de riesgo, que enfocaron, principalmente, en reducción de inventarios, instalación de sistemas de bloqueo automáticos y mejora en la confiabilidad de sistemas instrumentados de seguridad.

2.3. Programa de Gerenciamiento de Riesgo

Finalmente, complementado los resultados obtenidos en los análisis de riesgo cualitativo y cuantitativo realizados, cada empresa situada en el Complejo Industrial de Camaçari, este Programa de Gerenciamiento de Riesgo (PGR) está siendo desarrollado por cada empresa, basado en 10 elementos, indicados a seguir:

1. Gestión de Informaciones
2. Análisis de Riesgos
3. Procedimientos Operacionales
4. Entrenamiento
5. Contratados
6. Integridad y Mantenimiento
7. Gerenciamiento de Cambios
8. Investigaciones de Incidentes/Accidentes
9. Procedimientos de Emergencia/Planes de Evacuación y Respuesta ante Emergencias
10. Auditorias

En estos elementos están enfocados en metas, objetivos, documentos normativos o procedimientos referentes a poner en operación cada elemento, el proceso de implementación y el desarrollo detallado de esos elementos, a fin de que los mismos sean objetivamente segmentados durante sus implementaciones.

El desarrollo e implementación del PGR irá ocurriendo a lo largo de períodos que varían de dos a cinco años, siendo que cada empresa debe presentar anualmente la situación de implementación de cada elemento para que sea hecho el acompañamiento por el CRA, como requisito para la habilitación ambiental de la empresa.

3. Conclusiones

El Proyecto APPOLO 2 debe ser destacado como uno de los estudios de análisis de mayor porte realizado en el mundo, considerando su amplitud y coordinación única de esfuerzos. Con relación al estudio anterior concluido en 1994, puede destacarse una gran evolución técnica, principalmente en relación a los criterios para clasificación de los escenarios, la importancia dada en la evaluación de escenarios de accidente con efectos ambientales, la indicación de realización de estudios de Análisis Cuantitativo de Riesgo y la elaboración de los Programas de Gerenciamiento de Riesgos.

El éxito de un estudio de tal magnitud, realizado a lo largo de un período de 3 años y medio, puede ser debido, entre otros factores, a la excelente participación de los profesionales del complejo, cuyo conocimiento de las instalaciones e interés por el trabajo enriquecieron substancialmente el resultado obtenido y al interés y compromiso de las empresas, destacándose el apoyo de la alta dirección, fundamental para la conclusión del estudio.

También merece destacar la magnitud del estudio, englobando toda la poligonal límite del Polo Industrial de Camaçari y no apenas las empresas del Complejo Básico del Polo Industrial de Camaçari, además de extensión en el análisis de las áreas de uso común en el complejo, utilizadas para transporte de productos (por tubo vías, caminos y ferroviario). Fueron analizados más de 21.000 escenarios de accidente, definidas 570 recomendaciones y 1390 sugerencias de mejora, número más de dos veces superior a los escenarios evaluados en el Proyecto APPOLO 1.

En una visión más amplia de los resultados obtenidos en el estudio, algunos puntos deben ser destacados. Son ellos:

- la proximidad entre las fábricas favorece el daño a las personas localizadas fuera del área de la fábrica de origen del accidente, haciendo extremadamente necesaria la constante actualización de los Planes de Emergencia de cada empresa;
- constante modernización de los procesos con adopción de mecanismos más eficientes de control y bloqueo, reforzándose la utilización de sistemas de gerenciamiento de cambios en varias empresas;
- distancia considerable entre el polo y las comunidades y la necesidad URGENTE de una acción para preservación y ampliación del Anillo Forestal, debido a su gran importancia para mantener la separación actual entre el Polo y la comunidad de Camaçari;
- la gestión centralizada de las tubo vías del complejo, que interconectan las diversas empresas del complejo, ahora coordinada por un Comité establecido exclusivamente para esta finalidad. Esta decisión viabilizó la adopción de diversas medidas mitigadoras apuntadas por el estudio, ya en las primeras tubo vías analizadas. Se observó durante la ejecución del estudio un gran avance en el control de la integridad mecánica de las líneas, con la eliminación o reducción significativa de las causas que normalmente contribuyen a accidentes en ductos;
- la implantación de nuevas tecnologías de planeamiento y ejecución de inspecciones de equipamientos buscando el mantenimiento de la integridad de los mismos a pesar de los 25 años de operación del Polo;
- utilización de análisis de riesgos en proyectos nuevos y alteraciones de las instalaciones y procesos existentes;
- postura de las empresas, sus dirigentes y colaboradores en relación a la gran relevancia con que los aspectos de seguridad y medio ambiente son tratados;
- aumento considerable de las protecciones para preservación del subsuelo y con reflejo en la reducción del pasivo ya existente.

El Proyecto APPOLO 2 lleva al Complejo Industrial de Camaçari a una posición de vanguardia en Brasil en lo que se refiere a la gestión de los riesgos en complejos industriales. En este panorama, debe destacarse como de extrema relevancia los Programas de Gerenciamiento de Riesgos, que están siendo desarrollados e implementados por cada empresa, insertándose así un control permanente y sistematizado de los riesgos identificados en los análisis.

4. Referencias

- RMS, PHAST Process Hazard Analysis Software Tool, Londres, 2001.
- RMS, SAFETI Suite for the Assessment of Flammable, Explosive, and Toxic Impact, Londres, 2001.
- WORLD BANK, Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques, ed. P.J.Kayes, Washington, DC: Office of Environmental and Scientific Affairs, 1985.
- EINSENBERG, N.A., LYNCH, C.J., BREEDING, R.J., Vulnerability Model: A Simulation System for Assessing Damage Resulting from Marine Spills. Rep. CG-D-136-75, Environmental Control Inc. Rockville, 1975.
- TNO, Methods for the Determination of Possible Damage to People and Objects Resulting from Releases of Hazardous Materials-Green Book, publicado pelo Dutch Ministry of Housing-RIVM, 1989.
- GLASSTONE, S., DOLAN, P.J. The Effects of Nuclear Weapons, U.S. Atomic Energy Commission, Edição revisada, 1966.